

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/014249

International filing date: 15 December 2004 (15.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 103 60 400.6  
Filing date: 19 December 2003 (19.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 10 March 2005 (10.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 60 400.6

**Anmeldetag:** 19. Dezember 2003

**Anmelder/Inhaber:** BEHR GmbH & Co KG, 70469 Stuttgart/DE;  
Behr Thermot-tronik GmbH, 70806 Kornwestheim/DE.

**Bezeichnung:** Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft  
und Verfahren zum Betreiben einer derartigen  
Kreislaufanordnung

**IPC:** F 02 B 29/04

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 18. Februar 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Wehner".

Wehner

---

5 BEHR GmbH & Co. KG  
Mauserstraße 3, 70469 Stuttgart

BEHR THERMOT-tronik GmbH  
Enzstraße 25, 70806 Kornwestheim

---

10 **Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft und Verfahren zum  
Betreiben einer derartigen Kreislaufanordnung**

15 Die Erfindung betrifft eine Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft bei  
einem Kraftfahrzeug mit einem Aufladegerät gemäß dem Oberbegriff des  
Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Kreis-  
laufanordnung.

20 Gemäß dem Stand der Technik werden zur Leistungssteigerung von Moto-  
ren Aufladegeräte zur Erhöhung des Luftdurchsatzes im Motor verwendet.  
Bei der hierfür erforderlichen Verdichtung wird die Luft, im Folgenden als  
Ladeluft bezeichnet, jedoch auf Grund der Kompression im Aufladegerät er-  
wärm. Um den mit der Erwärmung der Ladeluft einhergehenden Dichte-  
verlust zu kompensieren, d.h. die Luftdichte zu erhöhen, werden Luftkühler ver-  
wendet, die vorne im Kühlmodul angeordnet sind und zur Kühlung der  
Ladeluft dienen. Die Ladeluft strömt dabei durch einen Wärmetauscher, der  
von Umgebungsluft durchströmt und damit gekühlt wird. Dadurch ist eine  
Abkühlung der Ladeluft auf eine Temperatur möglich, die bei voller Motorlei-  
stung etwa 15 K über der Temperatur der Umgebungsluft liegt.

25 30 35 Ferner ist bekannt, dass die Kühlung der Ladeluft über einen Kühlmittel-  
kreislauf erfolgt, beispielsweise einem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf,  
in dem das Kühlmittel auf sehr niedrige Temperaturen herabgekühlt wird. Mit  
diesem kalten Kühlmittel wird die Ladeluft in einem Ladeluft/Kühlmittel-  
Kühler auf eine vorgegebene Kühltemperatur heruntergekühlt. Für die Ver-

schaltung des Niedertemperatur-Kühlmittelkreislaufs gibt es zwei Varianten, nämlich eine Integration des Niedertemperatur-Kühlmittelkreislaufs in einen Nebenkreislauf des Motorkühlsystems oder eine Ausgestaltung in Form eines separaten Kühlmittelkreislaufs. In Fig. 8 ist ein bekannter Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 für eine indirekte Ladeluftkühlung dargestellt. Die vom Verdichter des Aufladegerätes V kommende Ladeluft wird in einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2 gekühlt und anschließend dem Motor M zugeführt. Eine Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf-Pumpe NP wälzt das Kühlmittel im Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 um. Hierbei gelangt das Kühlmittel von der Pumpe NP zum Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2, in dem das Kühlmittel die Ladeluft kühlt, zu einem Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler 3. Neben dem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 ist ein Haupt-Kühlmittelkreislauf 11 vorgesehen. Das Kühlmittel des Haupt-Kühlmittelkreislaufs 11 wird mittels einer Pumpe P umgewälzt und gelangt von der Pumpe P kommend zum Motor M. Je nach der Temperatur des Kühlmittels wird dieses, geregelt mit Hilfe eines Thermostats 12, zum Haupt-Kühler 13 und wieder zur Pumpe P oder über einen Bypass 14 vorbei am Haupt-Kühler 13 direkt zur Pumpe P geleitet. In einem Temperatur-Übergangsbereich erfolgt eine Aufteilung der Kühlmittelströmung am Thermostat 12 in einen Teilstrom zum Haupt-Kühler 13 und einen Teilstrom über den Bypass 14.

Eine derartige Kreislaufanordnung lässt noch Wünsche offen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Kreislaufanordnung der eingangs genannten Art zu verbessern.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Kreislaufanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Erfindungsgemäß ist eine Kreislaufanordnung mit einem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit einem Aufladegerät mit einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler vorgesehen, wobei ein Temperatur-Sensor am Kühlmittelaustritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers oder kurz danach zur Messung der Kühlmittelaustritts-Temperatur vorgesehen ist. Dies ermöglicht eine Kühlmitteldurchsatzregelung in Abhängigkeit

der Kühlmittelaustritts-Temperatur des Kühlmittels aus dem Lade-  
luft/Kühlmittel-Kühler. Hierbei kann der Sensor in den Austritt aus dem Lade-  
luft/Kühlmittel-Kühler integriert sein oder aber kurz nach dem Lade-  
luft/Kühlmittel-Kühler angeordnet sein, wobei der Abstand zum Lade-  
luft/Kühlmittel-Kühler möglichst klein sein sollte, um eine optimale und insbe-  
sondere schnelle Regelung zu gewährleisten.

Die Temperatur kann über einen Temperatur-Sensor, der als Thermostat  
ausgebildet ist, direkt ermittelt werden, wobei durch diese Ausgestaltung  
kein separat ausgebildetes Regelventil oder eine andere Vorrichtung zur  
Regelung des Kühlmittelvolumenstroms erforderlich ist. Ist ein einfacher  
Temperatur-Sensor vorgesehen, so erfolgt eine Kühlmittelvolumenstromre-  
gelung anhand des Messwerts mittels eines Regelventils oder einer anderen  
Vorrichtung zur Regelung des Kühlmittelvolumenstroms. Dabei kann das  
Regelventil o.ä. vor einem Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler und vor dem  
Ladeluft/Kühlmittel-Kühler angeordnet sein. Alternativ kann es auch nach  
dem Temperatur-Sensor angeordnet sein.

Der Temperatur-Sensor ist bevorzugt in ein der Kühlmittelleitung dienendes  
Kunststoffteil, insbesondere ein Kunststoff-Spritzgussteil, integriert.

Bevorzugt ist der Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf mit einem Haupt-  
Kühlmittelkreislauf verbunden, so dass ein Austausch von Kühlmittel zwi-  
schen beiden Kühlmittelkreisläufen erfolgt.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand zweier Ausführungsbeispiele unter  
Bezugnahme auf die Zeichnung im Einzelnen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Kreislaufanordnung gemäß dem ersten Ausführungs-  
beispiel,

Fig. 2 eine Thermostatkennlinie für die Regelung des Niedertempera-  
tur-Kühlmittel-Volumenstroms mit dem Volumenstromanteil des  
Niedertemperatur-Kühlmittelkreislaufs in Verhältnis zu dem des

Haupt-Kühlmittelkreislaufs über der Kühlmittel-Temperatur am Austritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers,

5 Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers,

10 Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer Variante der Anordnung eines Sensors,

15 Fig. 5 eine Ansicht auf Fig. 4 von unten,

20 Fig. 6 ein Diagramm zur Darstellung der Optimierung des Kühlmittel-Volumenstroms des Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühlers für unterschiedliche Betriebspunkte, wobei die Temperatur der Ladeluft über dem Volumenstromanteil des Niedertemperatur-Kühlmittelkreislaufs im Verhältnis zu dem des Haupt-Kühlmittelkreislaufs dargestellt ist,

25 Fig. 7 eine Kreislaufanordnung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel, und

30 Fig. 8 eine Kreislaufanordnung gemäß dem Stand der Technik.

35 Fig. 1 zeigt eine Kreislaufanordnung K, welche zur Ladeluft-Kühlung und der Motor-Kühlung dient. Hierbei ist ein Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 mit einem Haupt-Kühlmittelkreislauf 11 gekoppelt. Im der Ladeluft-Kühlung dienenden Teil der Kreislaufanordnung K ist ein Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2 und ein diesem direkt nachgeordneter Sensor 4 angeordnet. Über ein Thermostat 5 gelangt das Kühlmittel zur Pumpe P. Hiernach ist eine Verzweigung 6 vorgesehen, wobei der zum Motor M führende Teil an späterer Stelle näher erläutert wird. Nach der Verzweigung 6 gelangt das Kühlmittel über ein Regelventil 7 zum Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler 3 und wiederum zum Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2, in dem die verdichtete Ladeluft gekühlt wird. Der andere Teil des Kühlmittels wird nach der Verzweigung 6 zum Motor M geführt. Je nach Temperatur des Kühlmittels wird dasselbe vollständig durch einen Haupt-Kühlmittel-Kühler 13 oder einen Bypass 14 und wieder zum

Thermostat 5 geleitet, oder es erfolgt eine Aufteilung in Teilströme durch den Haupt-Kühlmittel-Kühler 13 und den Bypass 14.

Zur Optimierung der indirekten Ladeluftkühlung ist eine Kühlmitteldurchsatz-

5 regelung im Niedertemperatur-Kühlmittel-Kreislauf vorgesehen. Hierbei ist die optimale Kühlmittel-Austrittstemperatur aus dem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2 nahezu unabhängig von der Außentemperatur. Der in Fig. 6 dargestellte Zusammenhang besitzt daher für einen großen Umgebungstemperaturbereich Gültigkeit. Um schnell auf Lastwechsel reagieren zu können, ist 10 der Temperatur-Sensor 4 möglichst unmittelbar am Kühlmittel-Austritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers 2 angeordnet. Mittels der vom Sensor 4 ermittelten Messwerte wird der Kühlmitteldurchsatz auf an sich bekannte Weise geregelt.

15 Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Sensor 4 in den Kühlmittel-Austritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers 2 integriert, wie Fig. 3 entnommen werden kann. Auf Grund der Problematik bei der Integration in einen Metall-Wärmetauscher wird gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Sensor 4 in ein Spritzguss-Kunststoffteil integriert, das gleichzeitig der Verteilung des Kühlmittels dient.

20 Eine Variante der Anordnung des Sensors 4 in dem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2 ist in den Figuren 4 und 5 dargestellt. Hierbei wird der Temperatur-Sensor 4 durch einen Thermostat gebildet, der ein Dehnstoffelement als Aktuator aufweist. Hierbei hat der Thermostat einen minimalen Durchsatz (Leckage), der nötig ist, um zu garantieren, dass die Information über die Temperatur des Kühlmittels bei einem Lastsprung schnell zum Aktuator gelangt und zur Ladeluftkühlung im Schwachlastbereich ausreicht. Der maximale Durchsatz ist derart bemessen, dass bei Volllast ein lokales Sieden des Kühlmittels, insbesondere im Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2 oder danach, vermieden wird. Öffnungsbeginn und -ende richten sich nach den für die optimale Durchsatzregelung erforderlichen Temperaturniveau (vgl. in Fig. 2 dargestellte Thermostatkennlinie). Der Bereich zwischen Leckagedurchsatz und maximalem Durchsatz ist so definiert, dass der Start der Thermostat-Öffnung 25 im Temperaturbereich zwischen 40°C und 60°C des Kühlmittels am Austritt 30 35

des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers 2 liegt, und die Voll-Öffnung des Thermostats zwischen 90°C und 110°C Kühlmittel-Temperatur an der Messstelle erreicht ist. Hierbei ist bei Voll-Öffnung des Thermostats der Kühlmitteldurchsatz zwei- bis viermal so groß, wie die eingestellte Leckage im geschlossenen Zustand des Thermostats. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Verlauf der Kühlmittel-Volumenstromzunahme linear, kann jedoch auch progressiv, degressiv oder unstetig verlaufend ausgebildet sein.

Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel erfolgt – im Gegensatz zu der direkten Regelung über das Thermostat – eine Regelung in Abhängigkeit der vom Temperatur-Sensor 4 ermittelten Temperatur des Kühlmittels über das Regelventil 7, welches vor dem Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler 3 im Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 angeordnet ist.

Fig. 7 zeigt eine Kreislaufanordnung K gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel. Hierbei ist das Regelventil 7 hinter dem Temperatur-Sensor 4 angeordnet. Ansonsten stimmt die Kreislaufanordnung K des zweiten Ausführungsbeispiels mit der des ersten Ausführungsbeispiels im Wesentlichen, das heißt bis auf die Anordnung des Thermostats 5 an der Abzweigung des Bypasses im Haupt-Kühlmittelkreislauf und nicht an der Rückführung des Bypasses in den Haupt-Kühlmittelkreislauf, überein.

B e z u g s z e i c h e n l i s t e

- 10 1 Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf
- 2 Ladeluft/Kühlmittel-Kühler
- 3 Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler
- 4 Sensor
- 5 Thermostat
- 15 6 Verzweigung
- 7 Regelventil
- 11 Haupt-Kühlmittelkreislauf
- 13 Haupt-Kühlmittel-Kühler
- 14 Bypass
- 20 K Kreislaufanordnung
- M Motor
- NP Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf-Pumpe
- P Pumpe

5

P a t e n t a n s p r ü c h e

10 1. Kreislaufanordnung mit einem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf (1) zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit einem Aufladege-  
rät mit einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Temperatur-Sensor (4) am Kühlmittelaustritt des Lade-  
luft/Kühlmittel-Kühlers (2) oder kurz danach zur Messung der Kühlmit-  
telaustritts-Temperatur vorgesehen ist.

15 2. Kreislaufanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kühlmitteldurchsatzregelung in Abhängigkeit der ermittelten Kühl-  
mittel-Temperatur vorgesehen ist.

20 3. Kreislaufanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperatur-Sensor (4) ein Thermostat ist.

25 4. Kreislaufanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-  
durch gekennzeichnet, dass der Temperatur-Sensor (4) in ein der Kühlmittelleitung dienendes Kunststoffteil integriert ist.

30 5. Kreislaufanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffteil mittels Kunststoff-Spritzgießens hergestellt ist.

35 6. Kreislaufanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-  
durch gekennzeichnet, dass der Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf (1) mit einem Haupt-Kühlmittelkreislauf (11) verbunden ist, so dass ein Austausch von Kühlmittel erfolgt.

35

7. Kreislaufanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf (1) ein Regelventil (7) angeordnet ist.
- 5 8. Kreislaufanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Regelventil (7) vor einem Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler (3) oder vor dem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2) angeordnet ist.
9. Kreislaufanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-  
10 durch gekennzeichnet, dass das vom Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2) kommende Kühlmittel vor einer Pumpe (P) einem Haupt- Kühlmittelkreislauf (11) zugeführt wird.
10. Verfahren zum Betreiben einer Kreislaufanordnung (K) mit einem Nie-  
15 dertemperatur-Kreislauf (1) zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraft- fahrzeug mit einem Aufladegerät mit einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelung des Kühlmittel- durchsatzes durch den Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2) in Abhängigkeit der am Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2) ermittelten Kühlmittel-Temperatur  
20 erfolgt.

5

## Z u s a m m e n f a s s u n g

10 Die Erfindung betrifft eine Kreislaufanordnung (K) mit einem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf (1) zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit einem Aufladegerät mit einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2), wobei ein Temperatur-Sensor (4) am Kühlmittelaustritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers (2) oder kurz danach zur Messung der Kühlmittelaustritts-Temperatur vorgesehen ist, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Kreislaufanordnung (K).

15

(Figur 1)

20

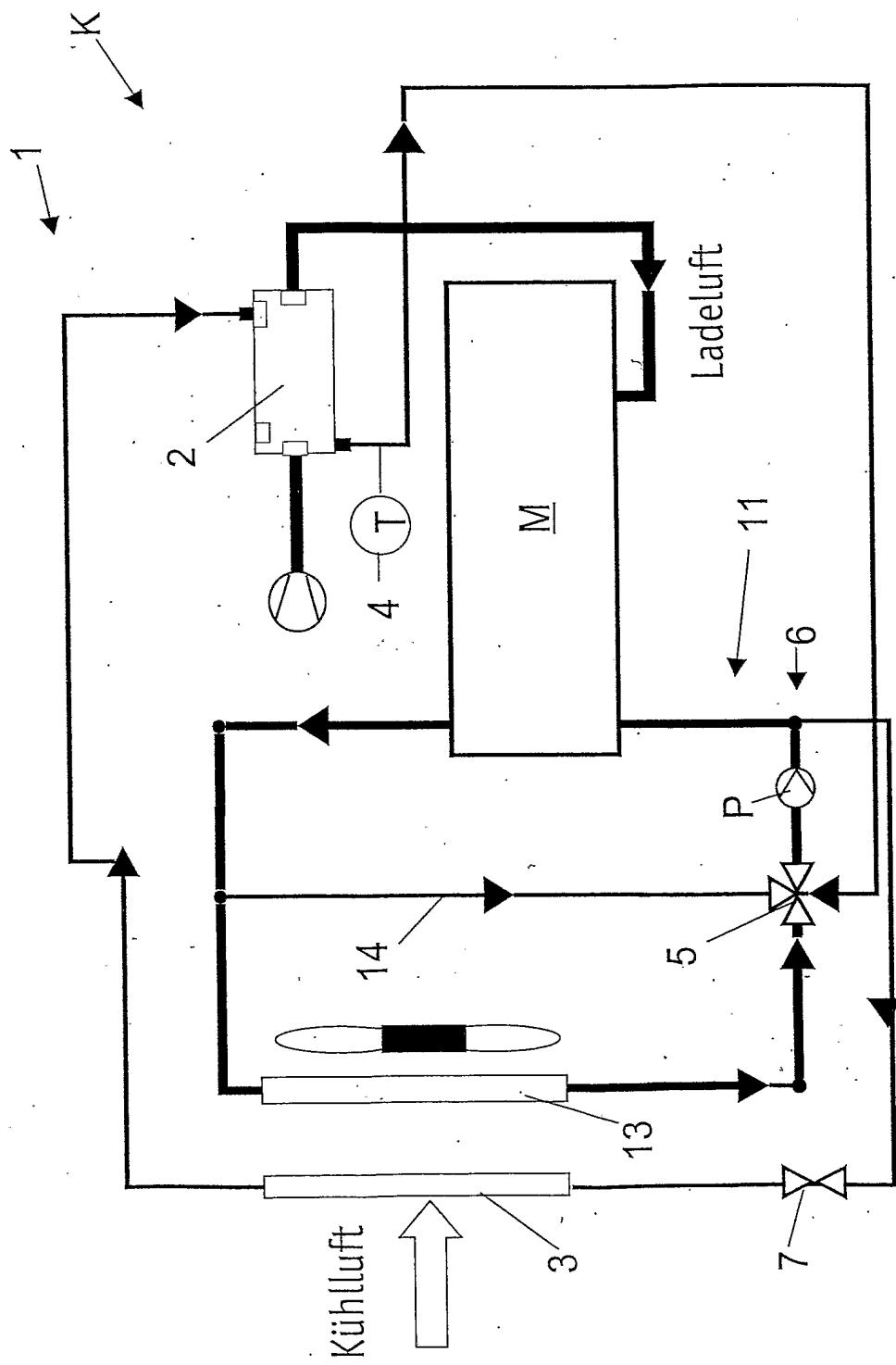


Fig. 1

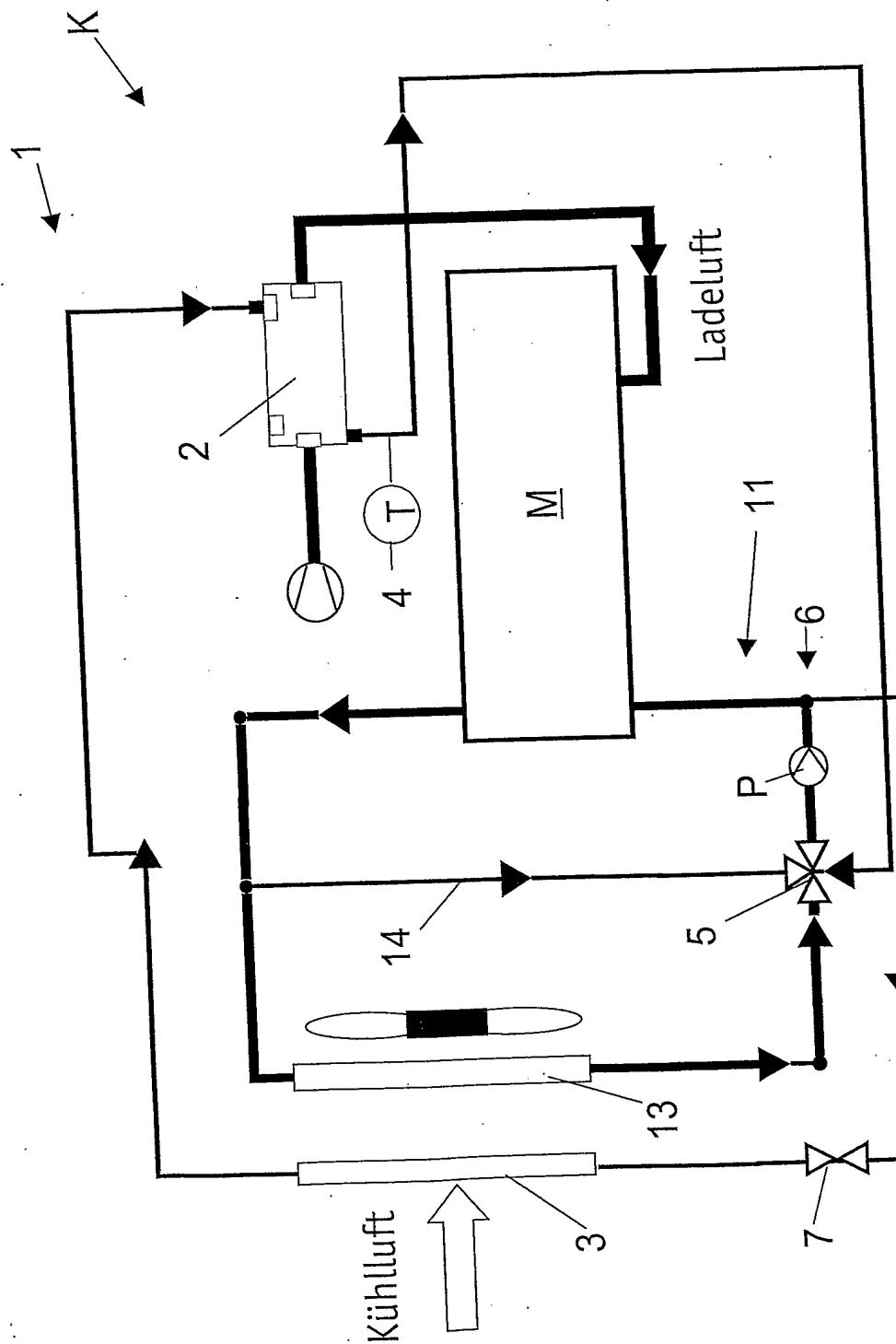


Fig. 1

Beispiel einer Thermostatkennlinie für die Regelung des Niedertemperaturkühlmittel-Volumenstroms

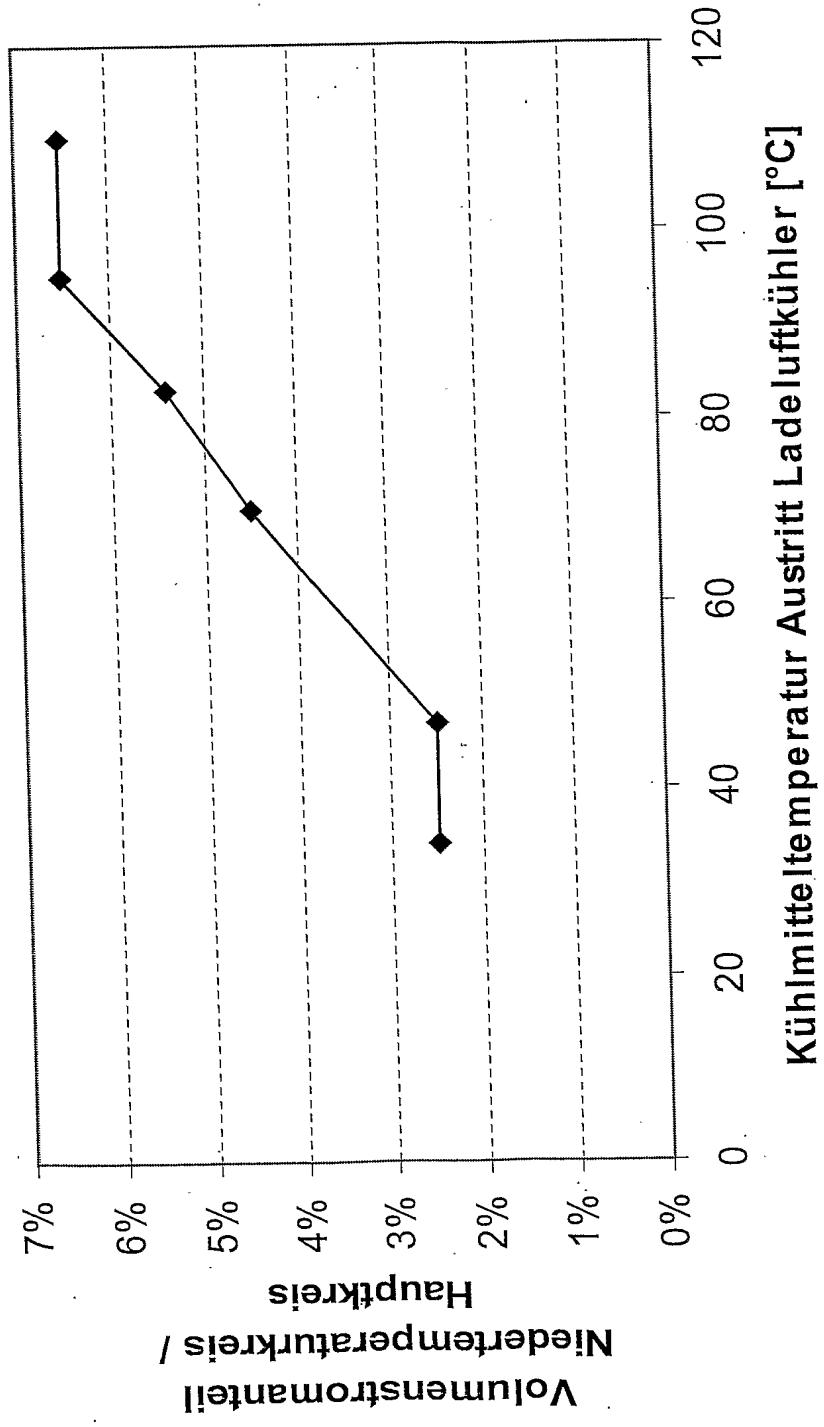


Fig. 2

Fig. 3

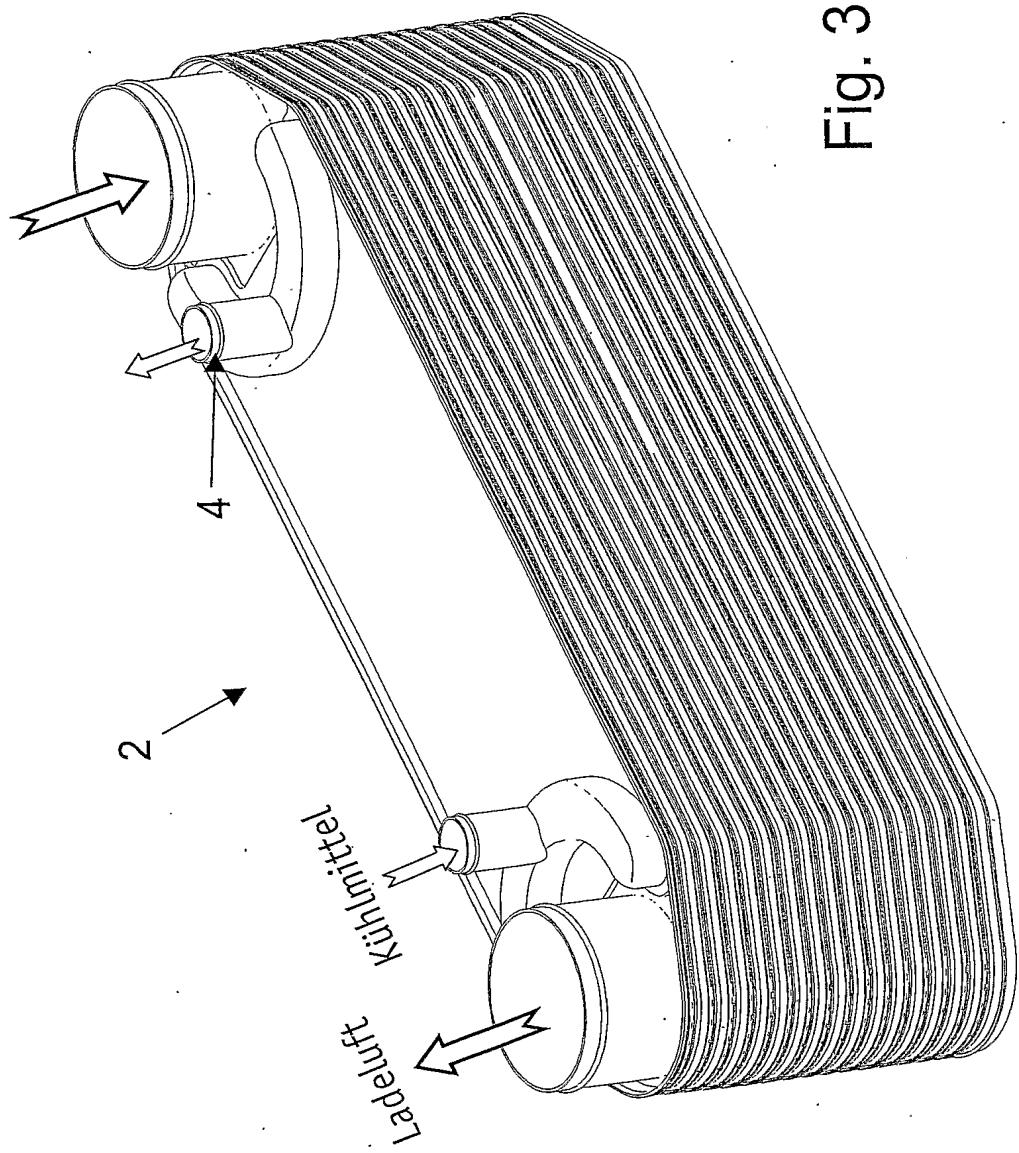


Fig. 5

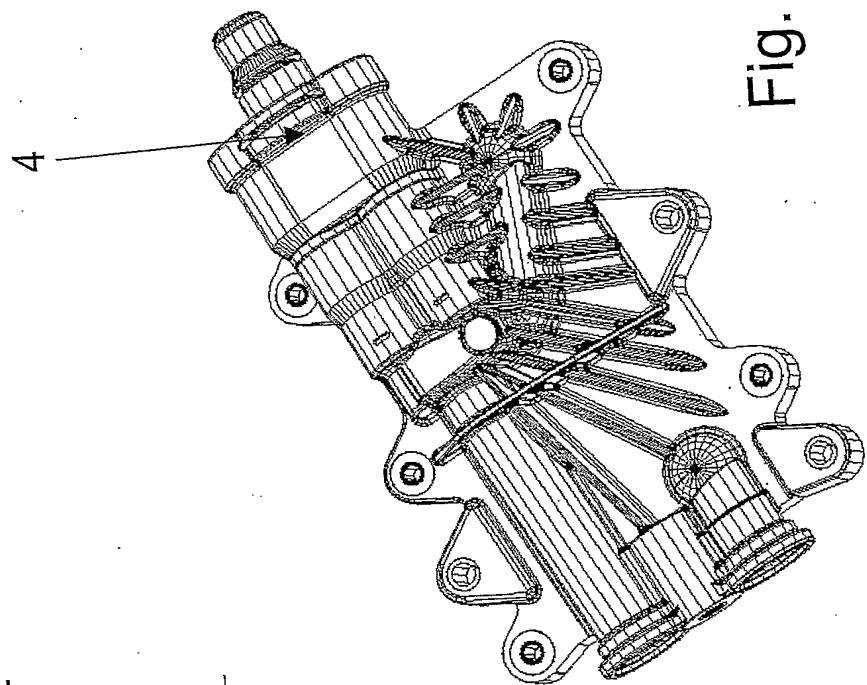
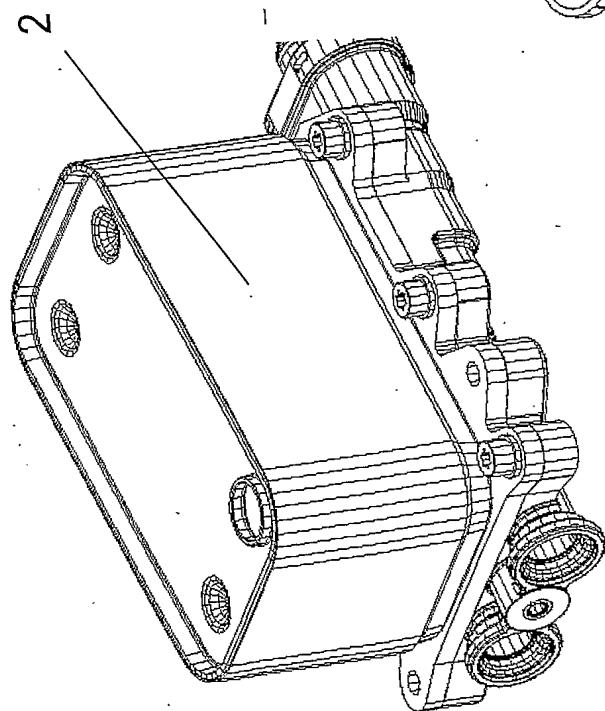


Fig. 4



Optimaler Kühlmittelvolumenstrom Niedertemperaturkühlmittel für unterschiedliche Betriebspunkte

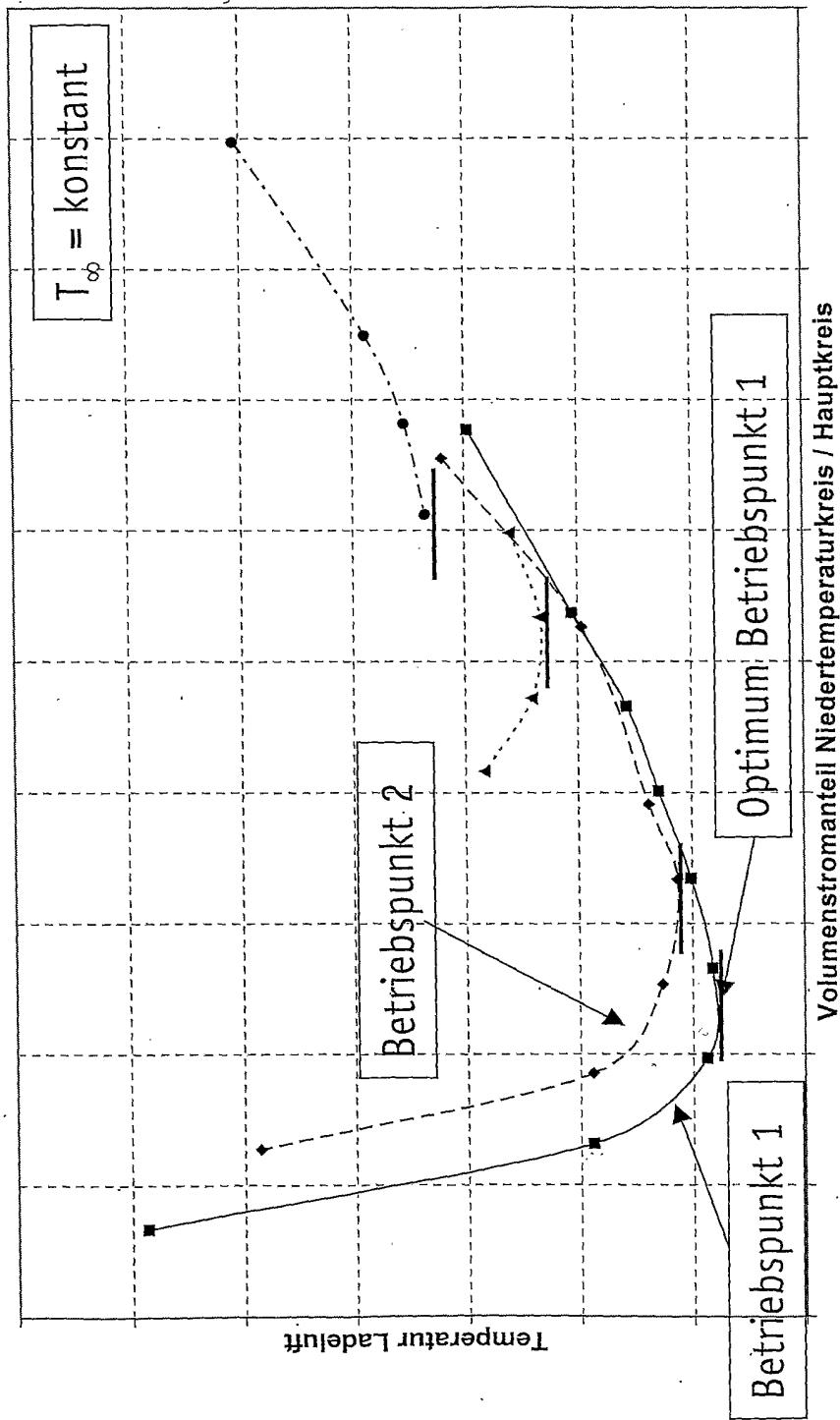
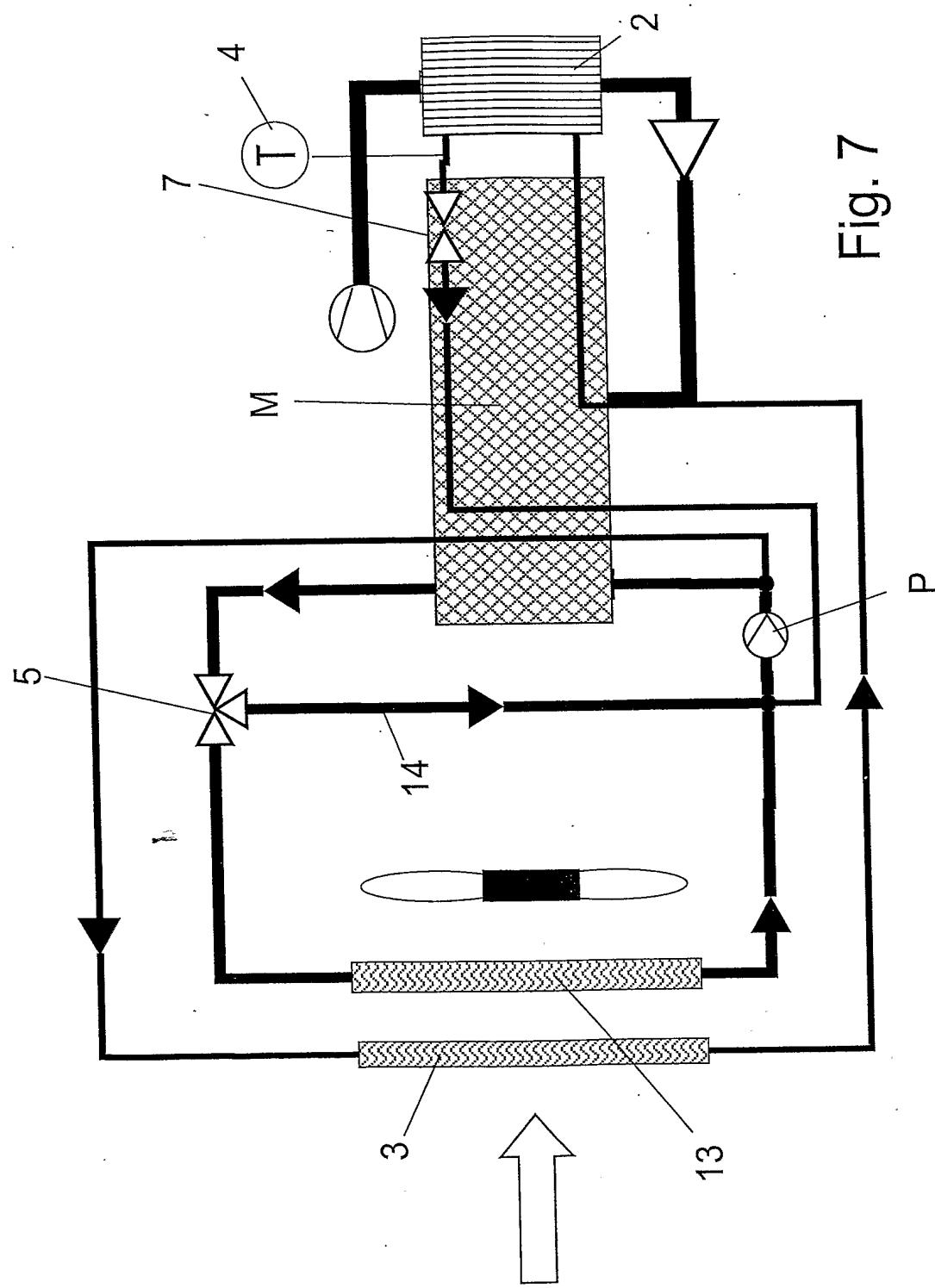


Fig. 6



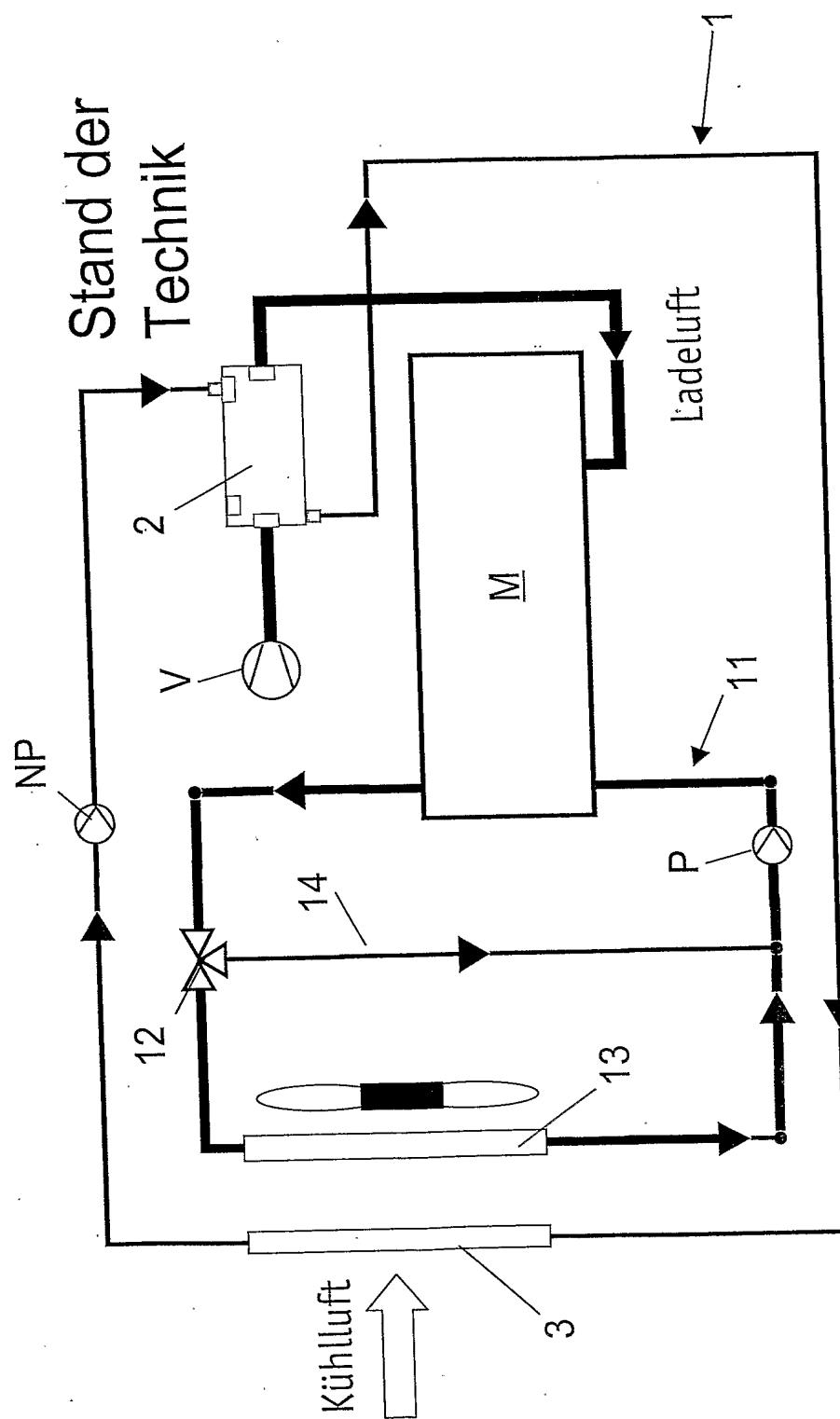


Fig. 8